

at-9.顔情報処理

(ディープラーニングのシステムとプログラミング)
(全12回)

<https://www.kkaneko.jp/ai/at/index.html>

金子邦彦



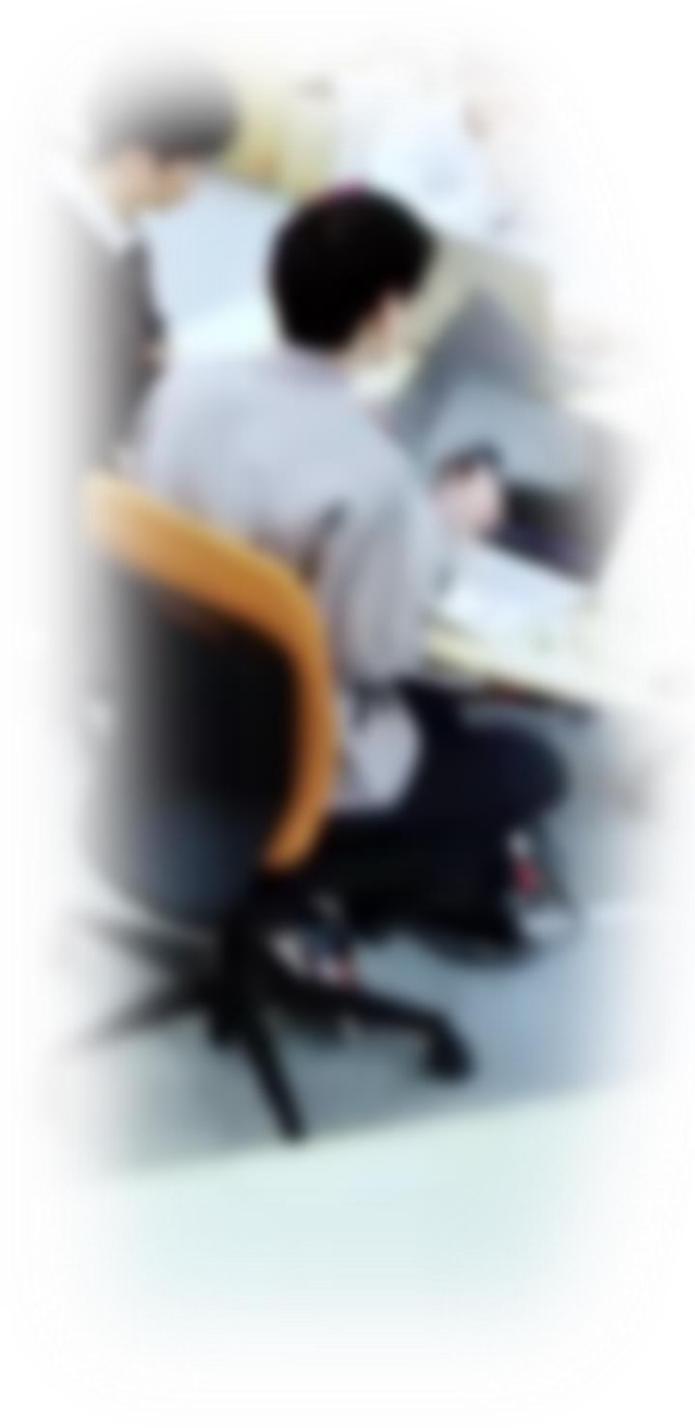


①顔情報処理には顔検出、顔アラインメント、顔ランドマーク検出、顔の数値化、性別・年齢推定、表情推定などがあり、幅広い分野で活用

②顔検出と顔ランドマーク検出にはCNNを用いたディープラーニングが使われている

③顔の数値化により本人確認・顔認識を行い、距離学習で同一人物の顔は近く、異なる人物の顔は遠くなるようにする

④感情認識は顔ランドマークとディープラーニングを組み合わせで行う



アウトライン

1. イントロダクション
2. 顔情報処理の概要
3. ディープラーニングによる顔検出
4. 顔ランドマーク
5. ディープラーニングによる顔認識
6. ディープラーニングによる感情認識その他

Google Colaboratory



Colaboratory へようこそ

Colaboratory は、完全にクラウドで実行される Jupyter ノートブック環境です。設定不要で、無料でご利用になれます。

```
x = [5, 4, 1, 3, 2]
for i in x:
    print(i * 120)
```

600
480
120
360
240

PRO ファイル 編集 表示 挿入 ランタイム

+ コード + テキスト ドライブに...

```
[1] x = 100
```

```
{x} if (x > 20):
      print("big")
      else:
          print("small")
```

big

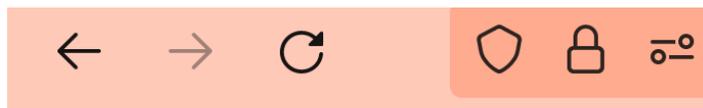
```
s = 0
for i in [1, 2, 3, 4, 5]:
    s = s + i
print(s)
```

15

URL: <https://colab.research.google.com/>

- オンラインで動く
- Python のノートブックの機能を持つ
- Python や種々の機能がインストール済み
- 本格的な利用には, Google アカウントが必要

Google Colaboratory の全体画面



Colab の定期購入を最大限に活用する
ファイル 編集 表示 挿入 ランタイム ツール ヘルプ

メニュー

+ コード + テキスト

コードセル, テキストセル
の追加



メニュー

(目次, 検索と置換,
変数, ファイル)

1. 変数

```
[2] x = 100  
    y = 200
```

2. 式

```
▶ print(x + y)  
   print(3 * x + y)  
  
300  
500
```

3. 条件分岐

```
[4] if (x > 50):  
    print('big')  
    else:  
    print('small')  
  
big
```

コードセル,
テキストセルの
並び

Web ブラウザの画面

Google Colaboratory のノートブック



コードセル, テキストセルの2種類

- **コードセル** : Python プログラム, コマンド, 実行結果
- **テキストセル** : 説明文, 図

2. 式

← テキストセル

```
[5] print(x + y)
     print(3 * x + y)
```

← コードセル

300
500

3. 条件分岐

← テキストセル

```
▶ if (x > 50):
    print('big')
else:
    print('small')
```

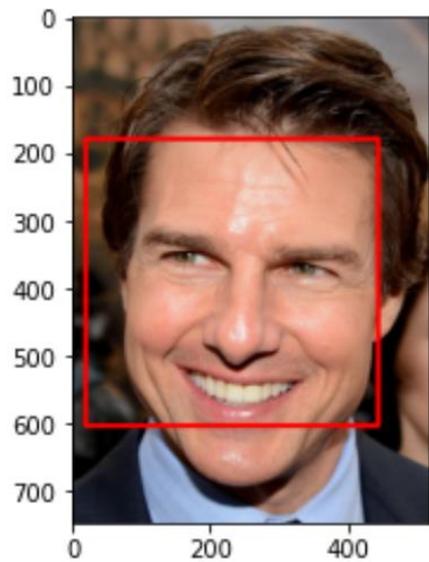
← コードセル

big



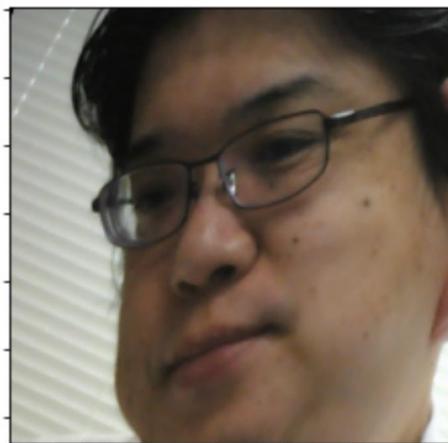
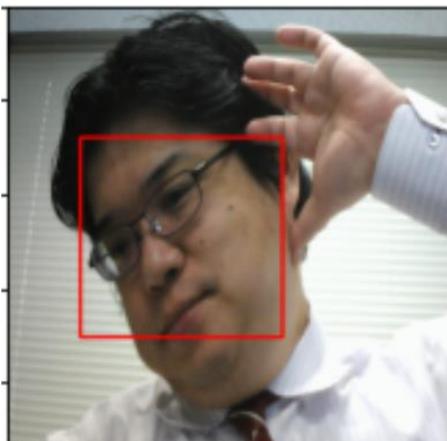
9-1. 顔情報処理の概要

顔情報処理のバリエーション①



• 顔検出

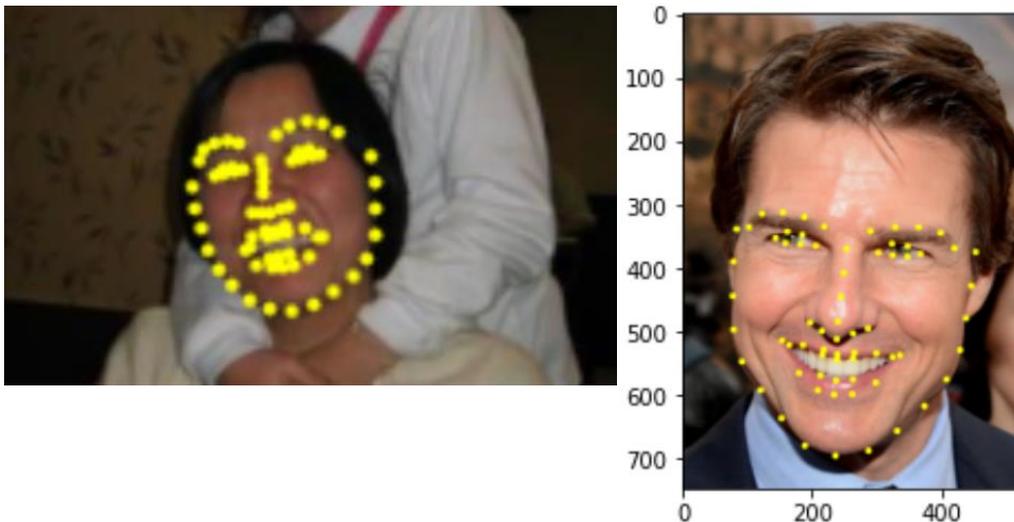
物体検出と同様に顔を
を検出



• 顔のアライメント

顔の向き, 大きさを
そろえる

顔情報処理のバリエーション②

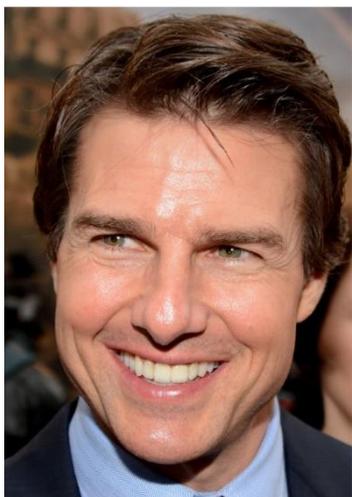


• 顔ランドマーク

顔の重要な特徴点（目、鼻、口など）の位置を示すポイント

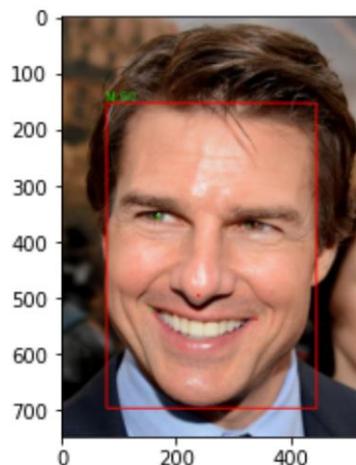
• 顔の数値化

顔の特徴を数値化したもの。数値は複数になる。顔による本人確認や、顔認識に使用



```
[ 0.00455161 0.18412845 0.03993299 -0.00525442 -0.07139583 0.13386713
-0.00805785 -0.05532961 0.23680274 -0.08285979 0.23483047 0.00531268
-0.20885959 -0.08143201 -0.07200904 0.08402673 -0.11594398 -0.08790354
-0.14109443 -0.06426463 -0.01909781 0.04940728 -0.09086579 0.04928832
-0.21027854 -0.29970455 -0.0172264 -0.11317077 0.01727176 -0.16984728
-0.09449591 0.13467805 -0.11701771 -0.05477776 -0.00075595 0.02513538
-0.14347562 -0.03627753 0.16524641 -0.01949969 -0.12205475 0.08029588
0.0263175 0.27922362 0.26064846 0.00236352 -0.00611193 -0.09485988
0.21062998 -0.27925995 0.02801728 0.21664803 0.10859946 0.12886725
0.13740893 -0.2259727 -0.04096841 0.08036234 -0.15912706 0.04860799
-0.05707375 -0.0537034 -0.0382829 -0.04455713 0.08876641 0.08084331
-0.08434555 -0.12838244 0.14743124 -0.16956419 0.05809632 0.13801341
-0.08743402 -0.27705559 -0.17667291 0.12853563 0.40629697 0.25780377
-0.18405011 0.0308622 -0.04818188 -0.08573647 0.05904602 -0.00438196
-0.12593931 -0.09314068 -0.07387269 0.06559635 0.18202811 0.02111054
-0.0110196 0.23951159 -0.00382505 -0.03864232 0.03268222 0.00397856
-0.16739431 0.05639653 -0.11059792 -0.01466753 0.09382112 -0.13222337
0.00125152 0.08060078 -0.16358295 0.22464372 -0.00883166 0.03960528
0.02616193 -0.04999878 -0.14178708 0.06188779 0.25730038 -0.27515596
0.19043125 0.04089454 0.02481355 0.17113039 0.10915946 0.05673687
-0.00430411 -0.0710548 -0.14189517 -0.08640159 0.0943445 -0.08253401
0.04771694 -0.04451045]
```

顔情報処理のバリエーション③

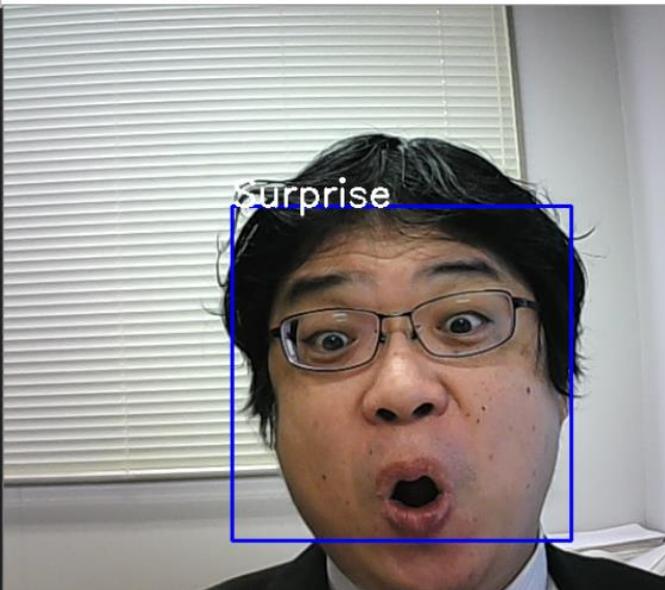


gender: 1
age: 60

• 性別、年齢の推定

C:\Windows\System32\cmd.exe - python demo.py img

```
Happy: % 1.0520316660404205  
Neutral: % 43.86896789073944  
Sad: % 2.5840995833277702  
Surprised: % 26.989561319351196  
-----  
Angry: % 17.476025223731995  
Disgust: % 13.489590585231781  
Fear: % 1.2782757170498371  
Happy: % 1.097946148365736  
Neutral: % 48.455244302749634  
Sad: % 2.7828795835375786  
Surprised: % 15.420036017894745  
-----  
Angry: % 8.7054543197155  
Disgust: % 8.182178437709808  
Fear: % 2.2473467513918877  
Happy: % 1.2045521289110184  
Neutral: % 39.530619978904724  
Sad: % 2.036934532225132  
Surprised: % 38.09291124343872  
-----  
Angry: % 4.94537390768528  
Disgust: % 7.72874653339386  
Fear: % 2.0912714302539825  
Happy: % 1.1880283243954182  
Neutral: % 30.127882957458496  
Sad: % 1.0293880477547646  
Surprised: % 52.88930535316467  
-----
```



• 表情の推定

<https://github.com/ezgiakcora/Facial-Expression-Keras> で公開されている成果物を利用

顔情報処理のバリエーション



- 顔検出
- 顔のアライメント
- 顔ランドマーク
- 顔の数値化：顔による本人確認や顔認識の基礎
- 性別、年齢の推定
- 表情の推定
- その他

演習 1

オンラインデモによる
顔検出、表情推定の体験

【トピックス】

- 顔検出
- 表情推定

演習 1



- まず、自分で顔画像のファイルを準備する
- 次のデモページを使う
- 「**Drag image file here of Browse from your computer**」をクリック。画像をアップロードして、**表情の推定**を試してみる
- そのとき、「私はロボットではありません」と表示されたらチェック

<https://cloud.google.com/vision/docs/drag-and-drop?hl=ja>

Try the API

Faces Objects Labels Text Properties Safe Search

World's Largest Selfie
Powered by Lumia 730

3.png

Show JSON ▾

RESET NEW FILE

Emotion	Score	Confidence
Joy	Very Unlikely	Very Unlikely
Sorrow	Very Unlikely	Very Unlikely
Anger	Very Unlikely	Very Unlikely
Surprise	Very Unlikely	Very Unlikely
Exposed	Very Unlikely	Very Unlikely

顔情報処理の重要性

多岐にわたる分野で重要な役割を果たしている

- セキュリティと監視
- 顔認証システム
- パーソナライズされたサービス
- 感情認識

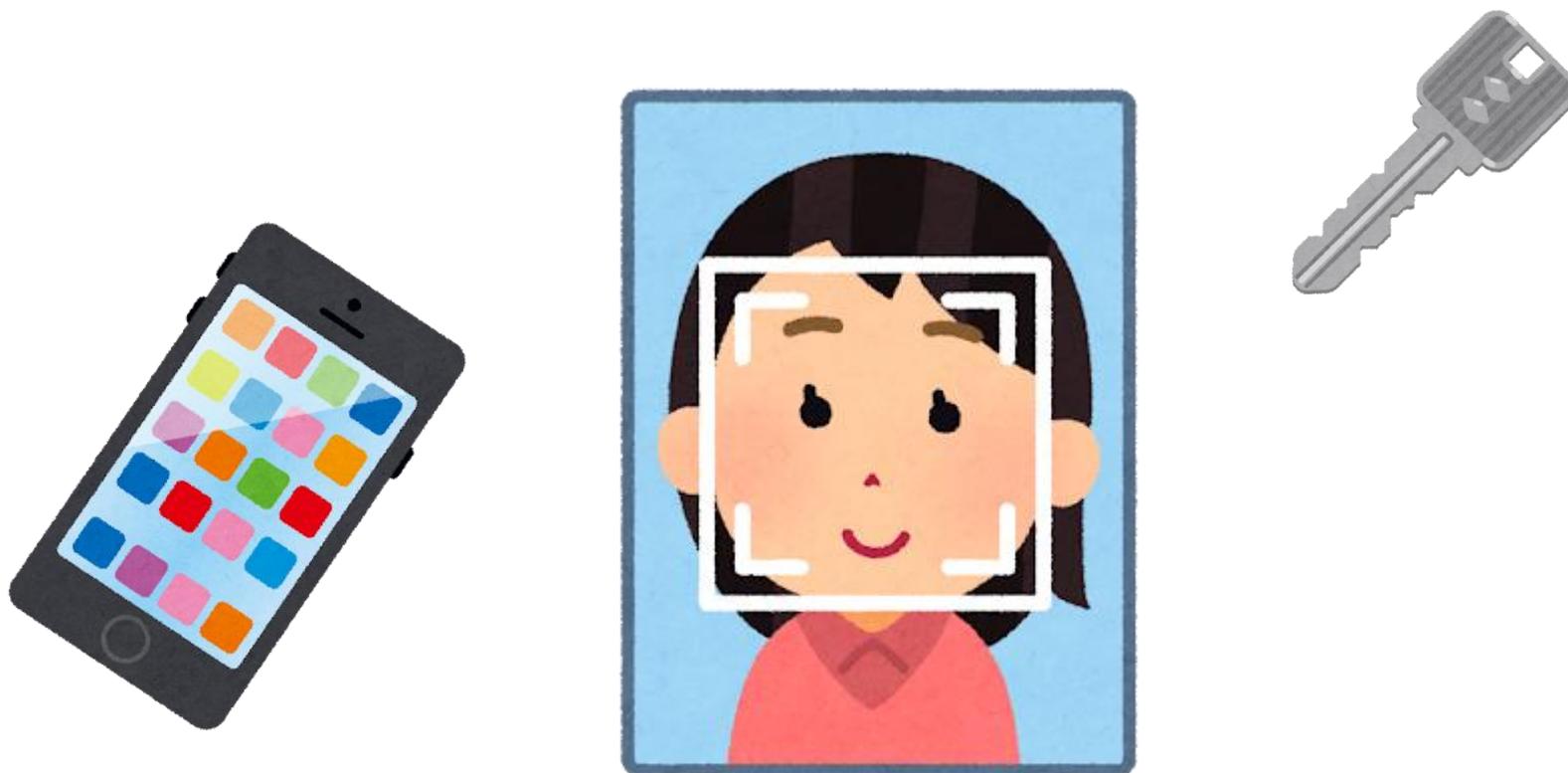
その他

セキュリティと監視



公共の場での監視、身元確認や不審者の追跡

顔認証システム



スマートフォンやパソコンでの顔によるロック解除機能

顔情報処理の歴史



- 誕生（1960年代）

顔認識システムの誕生

- 進化（1980年代）

顔認識アルゴリズム（Eigenfaces など）

- ディープラーニングの登場（2010年代）

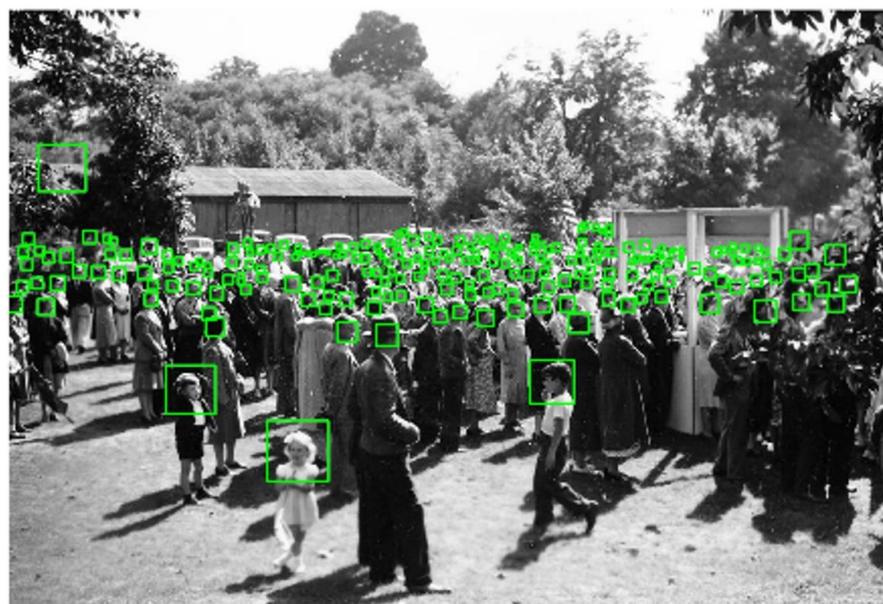
精度の向上、応用の広がり（群衆のカウント、マスク有り顔の処理、顔画像からの3次元顔生成などさまざまな応用）

群衆のカウント

- 群衆のカウント（画像内の人数を数える）
- 監視等に役立つ。



元画像



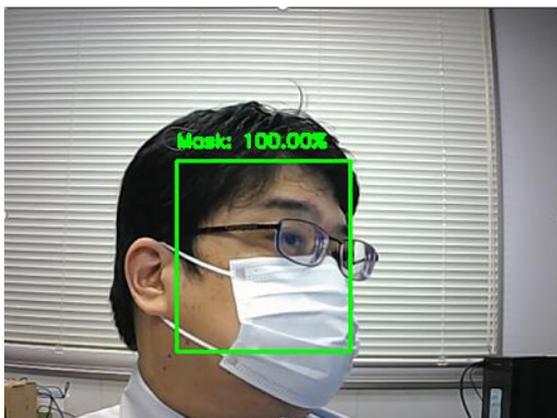
FIDTM 法による群衆のカウント

FIDTM 法（2021年発表）は、それ以前の手法よりも、さまざまな大きさの顔を精度よく検出できるとされている

マスク有りの顔, マスク無しの顔検出

Chandrika Deb の顔マスク検出法では, 次を同時に実行

- 顔検出
- マスク有りの顔とマスク無しの顔の画像分類



マスク有りの顔検出



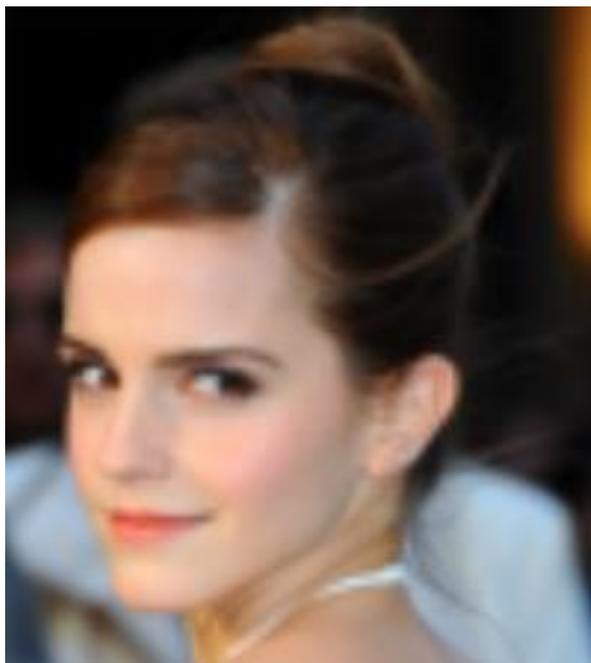
マスク無しの顔検出

訓練データ: 顔のデータセット (マスク有り: 2165 枚, マスク無し 1930 枚)

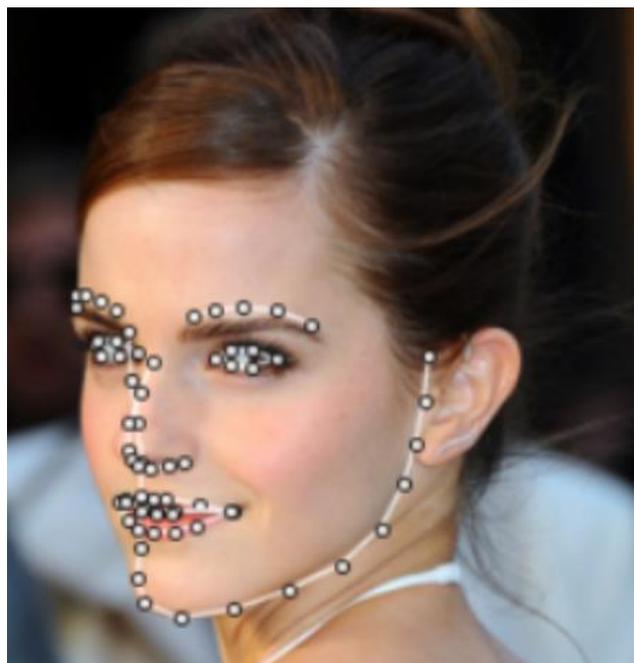
顔写真からの3次元再構成

3DFFA 法 (2022年発表)

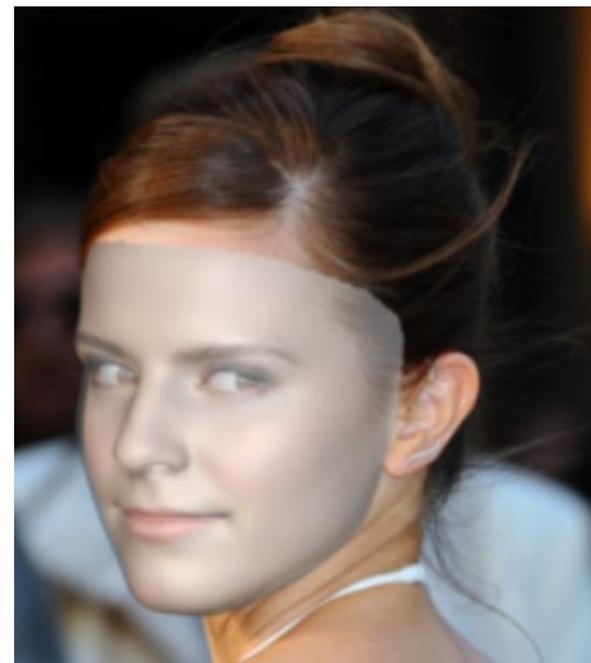
- 元画像から, 3次元の顔を生成 (3次元再構成)
- 顔検出, 顔ランドマーク (顔の目印となるポイント) の検出ののち, 顔ランドマークに顔の3次元モデルをあてはめる



元画像

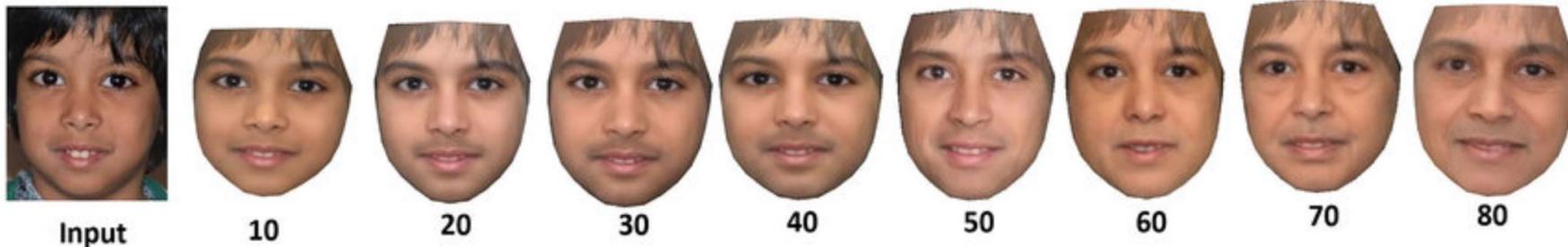


顔ランドマーク



3次元再構成

Face aging



Given the frontal view of a single image of a child, an ageing algorithm can generate his faces with varied ages

元の顔画像から，さまざまな年齢の顔画像を生成

ここまでのまとめ

顔情報処理のバリエーション

- 顔検出：物体検出の一環として顔を特定
- 顔のアライメント：顔の向きや大きさの調整
- 顔ランドマーク：目、鼻、口などの重要な特徴点の位置
- 顔の数値化：顔特徴の数値化による本人確認、顔認識
- 性別、年齢の推定
- 表情の推定

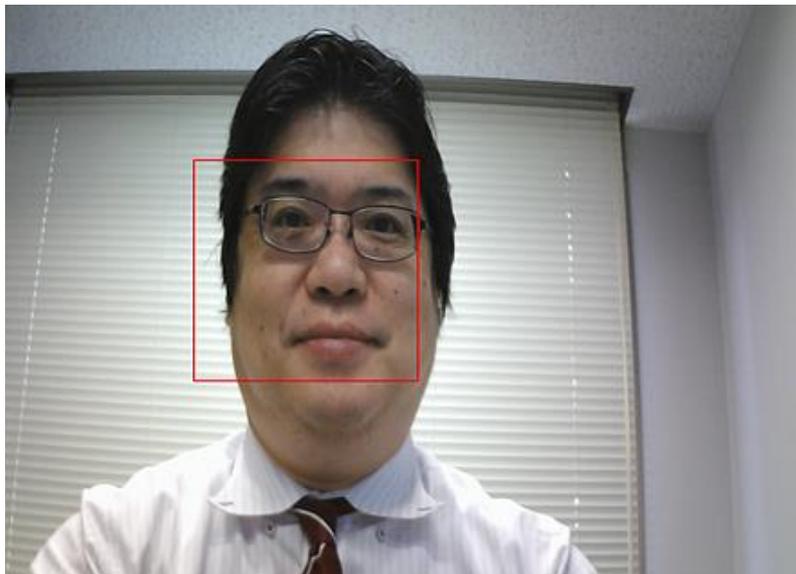
顔情報処理の重要性

- セキュリティと監視
- 個人認証システム
- パーソナライズされたサービス
- 感情認識

9-2. ディープラーニング による顔検出



- 顔検出は、画像内で**顔と思われる領域を特定**
- **顔の特徴**（目、鼻、口など）を**識別し、それらが集まる領域を顔と判断**。



ディープラーニングによる顔検出の仕組み



- ニューラルネットワークを使用
- **畳み込みニューラルネットワーク (CNN)** が広く用いられている。

- **大量の画像データからの学習**
- 学習のあと、新しい画像に適用して顔検出を行う

顔検出での訓練データ

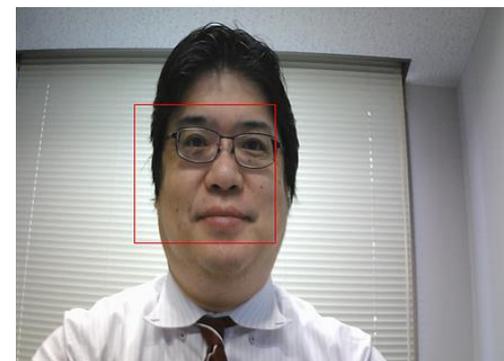
データ
(入力)



AI



顔検出結果



顔画像と
バウンディングボックス

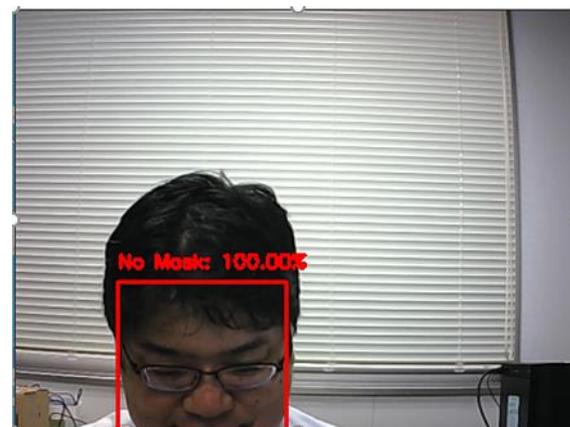
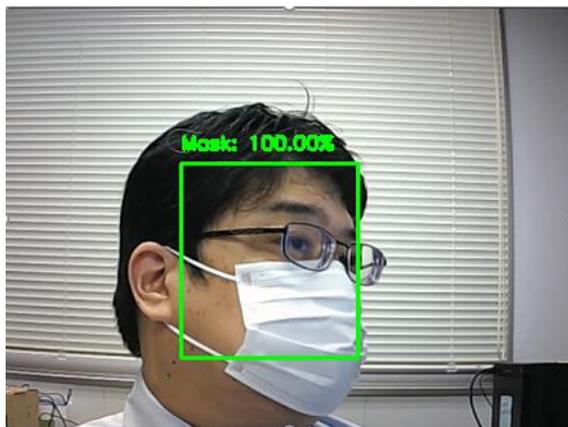
訓練データ



顔画像の例

顔検出の難しさ

- 照明のバリエーション
- さまざまな顔の向き
- 顔の個性
- 表情
- 付属物（例：メガネ、帽子）



ディープラーニングにより、マスクあり顔でも高い精度で検出できるようになってきた



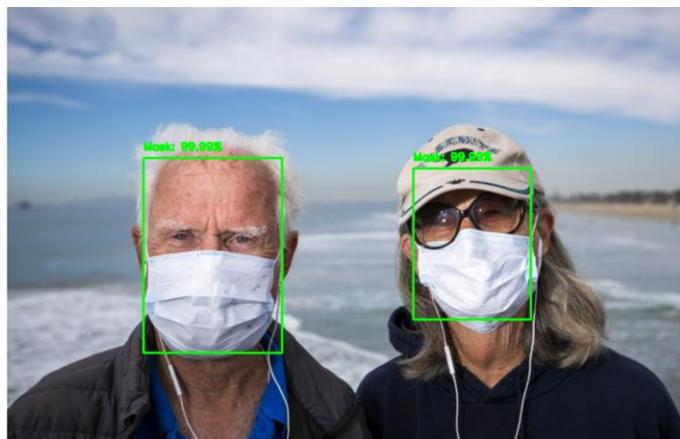
演習 2

マスク有り顔と、マスクなし顔の
検出

【トピックス】

- 顔検出
- マスク有り顔と、マスクなし顔
- Google Colaboratory

演習 2. マスク有り顔、マスクなし顔の顔検出



学習で用いた顔画像の顔のサイズにより、
大きい顔のみが検出されている

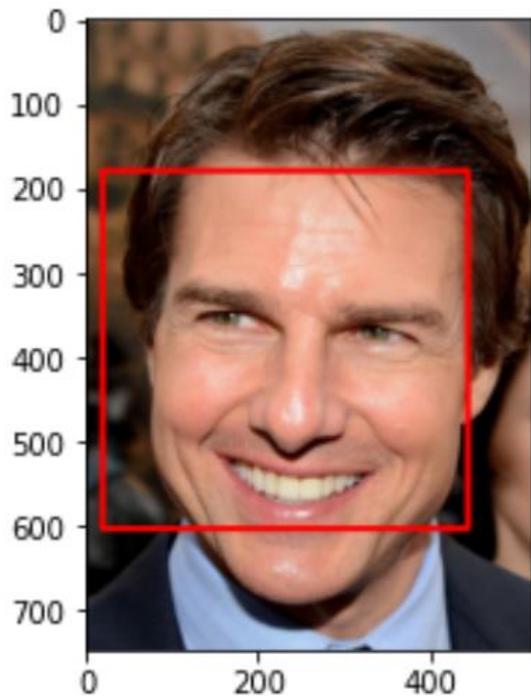
演習 2. マスク有り顔、マスクなし顔の顔検出

- まず、**自分で顔画像のファイルを準備**する
- Google Colaboratory のページを開く

https://colab.research.google.com/drive/1iYEI9O_cxWw4VyyafaYB4ne6CNdNJYeS?usp=sharing

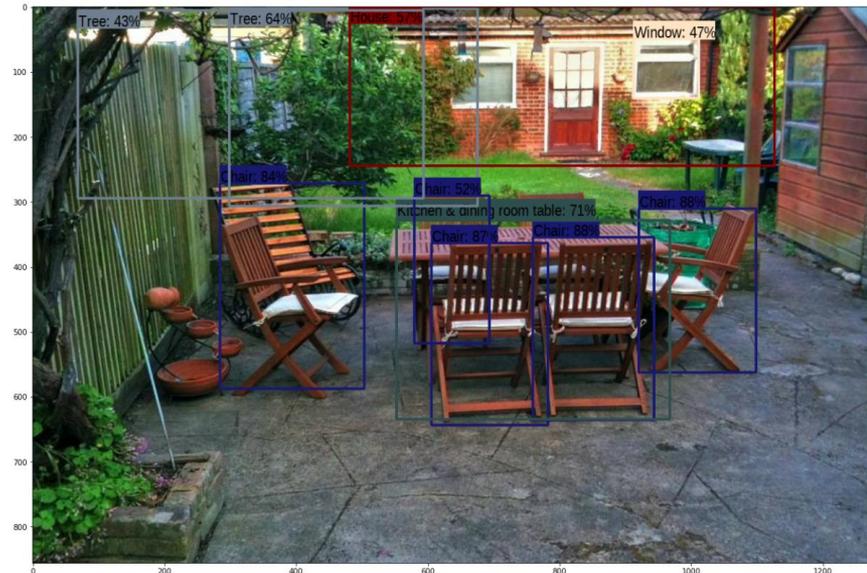
- このとき、このページに書いている注意事項をよく読んでください。**ランタイムのタイプ**を「**T4 GPU**」に設定することを説明しています。
- メニューの「**ランタイム**」で「**すべてのセルを実行**」
- コードセルが上から順に実行されるので確認
- 「5. 画像のアップロード」のセルの実行が始まったら、画像をアップロードして**顔検出**を試してみる

顔検出と物体検出



顔検出

Found 100 objects.
Inference time: 37.17011475563049



物体検出

顔検出と物体検出



顔検出	物体検出
顔のみの検出	さまざまな種類の物体を検出
顔の位置とサイズを識別	物体の種類、位置、サイズを識別
特徴抽出の対象は、顔の重要な特徴点である顔ランドマーク	特徴抽出の対象は、形状、色、テクスチャなどさまざま（多様な物体を検出するため）
代表手法: RetinaFace, MTCNN	代表手法: YOLO

9-3. 顔ランドマーク

👤 Male 43

Anger

Disgust

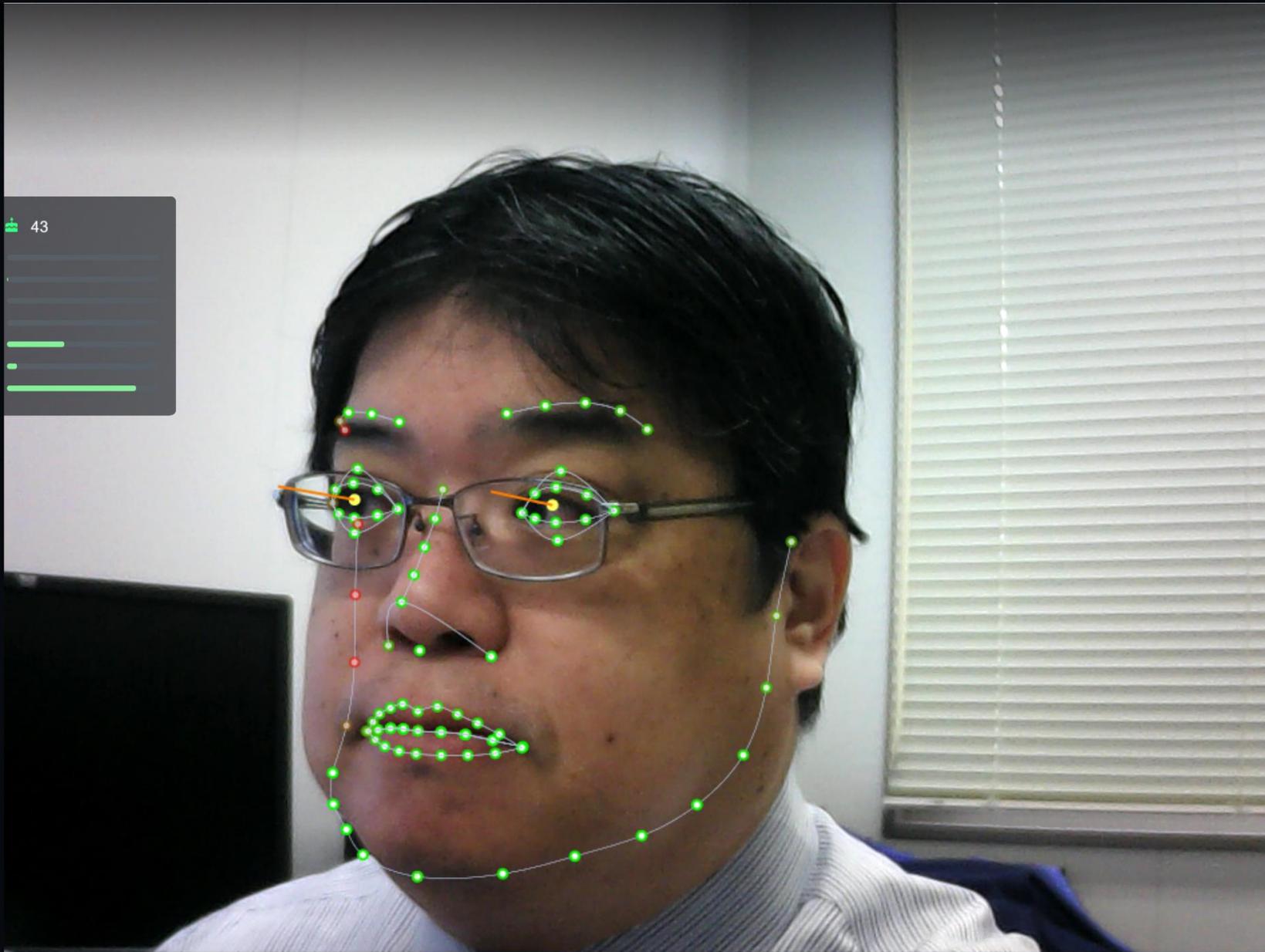
Fear

Happiness

Sadness

Surprise

Neutral



顔ランドマーク



顔ランドマーク

顔の重要な特徴点（目、鼻、口など）の位置を示すポイント

【用途】

顔の表情

顔の向き

顔識別 など

顔ランドマークの検出

畳み込みニューラルネットワークによる顔ランドマークの検出は 2013年に登場

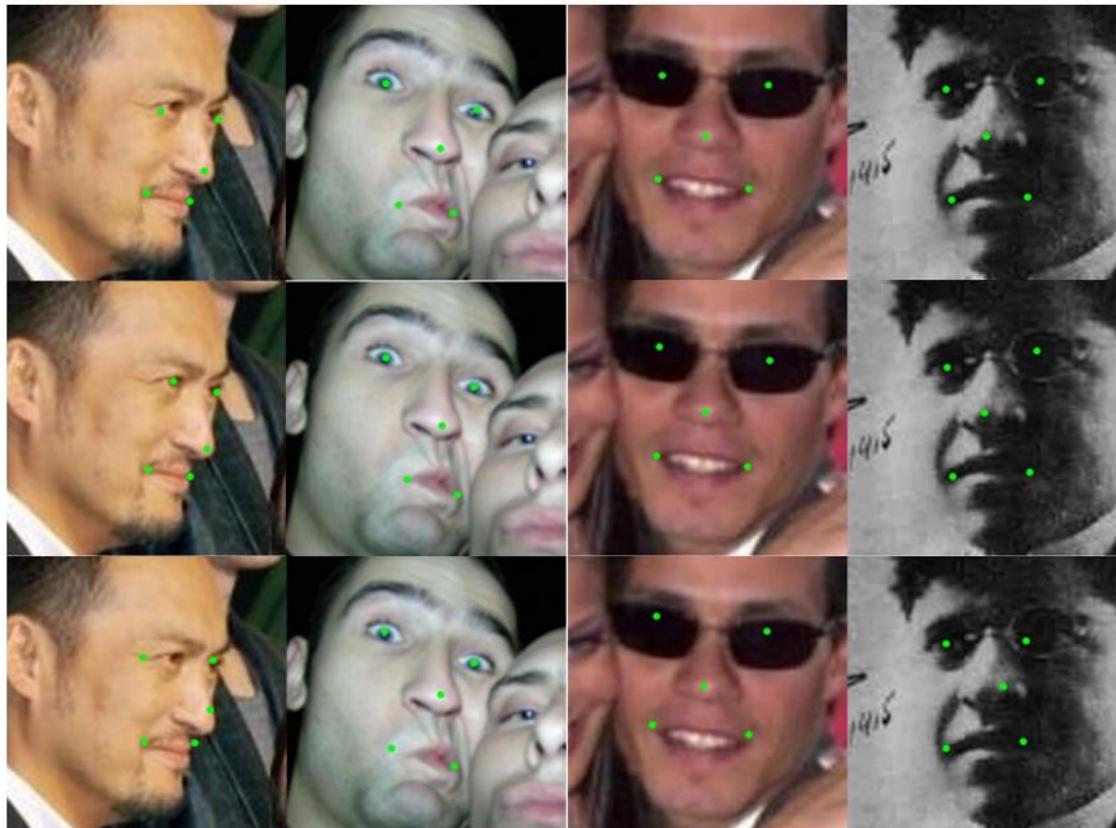


Figure 1: Examples of facial point detection. First row: ini-

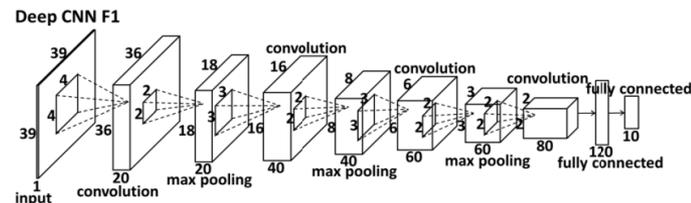
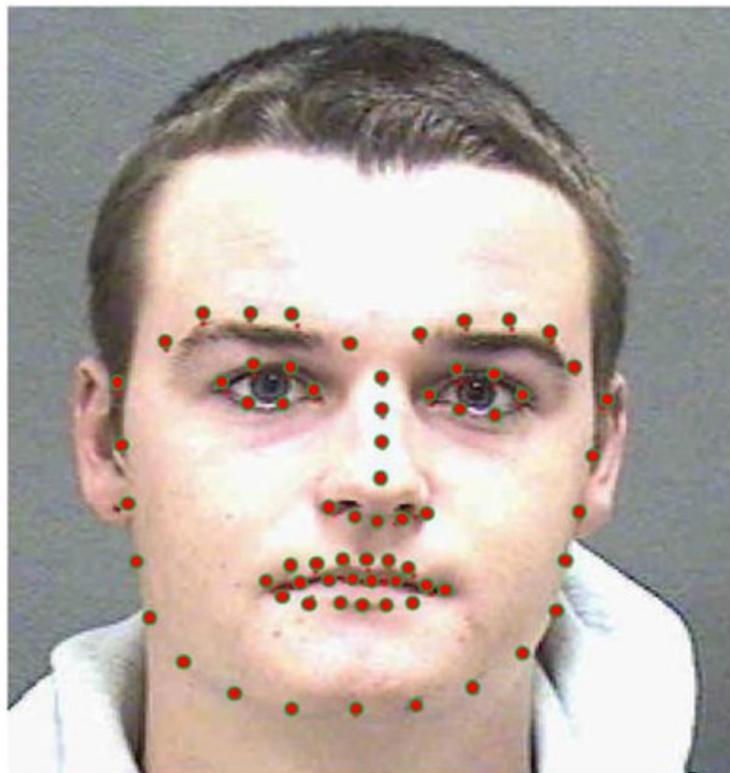


Figure 3: The structure of deep convolutional network F1.

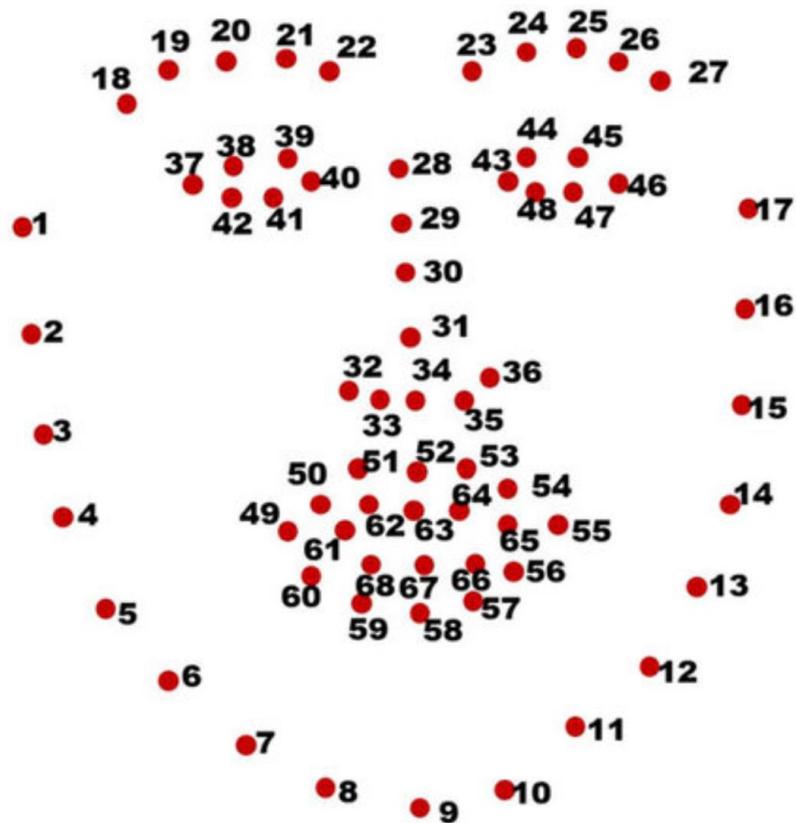
畳み込みニューラルネットワークを使用

68ランドマーク

顔の68個のランドマーク。目、眉毛、鼻、口、顔の輪郭など



(a)



(b)

Identification of facial landmarks using Dlib. a Facial landmarks. b The position and order of 68 points on the face

https://www.researchgate.net/figure/identification-of-facial-landmarks-using-Dlib-a-Facial-landmarks-b-The-position-and_fig2_343699139

9-4. ディープラーニング による顔認識

顔認識

顔認識は、画像または動画から人の顔を認識



比較

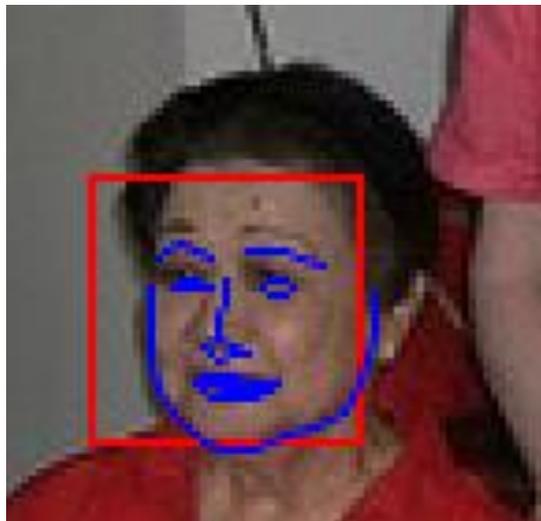


データベース

データベース内の顔との比較により、人物を特定

顔の数値化

- **顔の数値化**は、複数の数値（ふつう100以上）の組み合わせ
- **顔画像**から、**顔ランドマーク**を求め、顔を数値化する



顔検出,
顔ランドマーク



```
0.0512202  
0.0150111  
0.0642803  
0.0438789  
0.0485441  
0.0107222  
0.0653341  
0.144676  
0.156388  
0.12738  
0.137432  
0.059849  
0.1569  
0.0690487  
0.0250859  
0.215287  
0.134682  
0.212719  
0.0921698  
0.019872  
0.0154232  
0.0199377  
0.0035686  
0.0199529
```

数値化

同一人物かの判定（顔の数値を利用）

2つの別の写真あるいは動画を**照合**し、**同一人物であるか**を判定する



顔の数値

比較
(距離計算)

顔の数値



同一人物である
または
同一人物でない

顔認識 (顔の数値を利用)

精度の向上のため、
同一人物の
多数の写真と比較



顔の
数値

比較
(距離計算)



本人である
または
本人でない

顔の
数値



顔の
数値



顔の
数値



距離学習

距離学習は、ディープラーニングでの学習で、距離に関する学習を行うこと。顔認識で使用。

目的：同一人物の顔を近く、異なる人物の顔を遠くなるようにすること

仕組み：畳み込みニューラルネットワークなどを使用

効果：顔認識、その他、画像分類やパターン認識など

9-5. ディープラーニング による感情認識その他

感情認識



C:\Windows\System32\cmd.exe - python demo.p

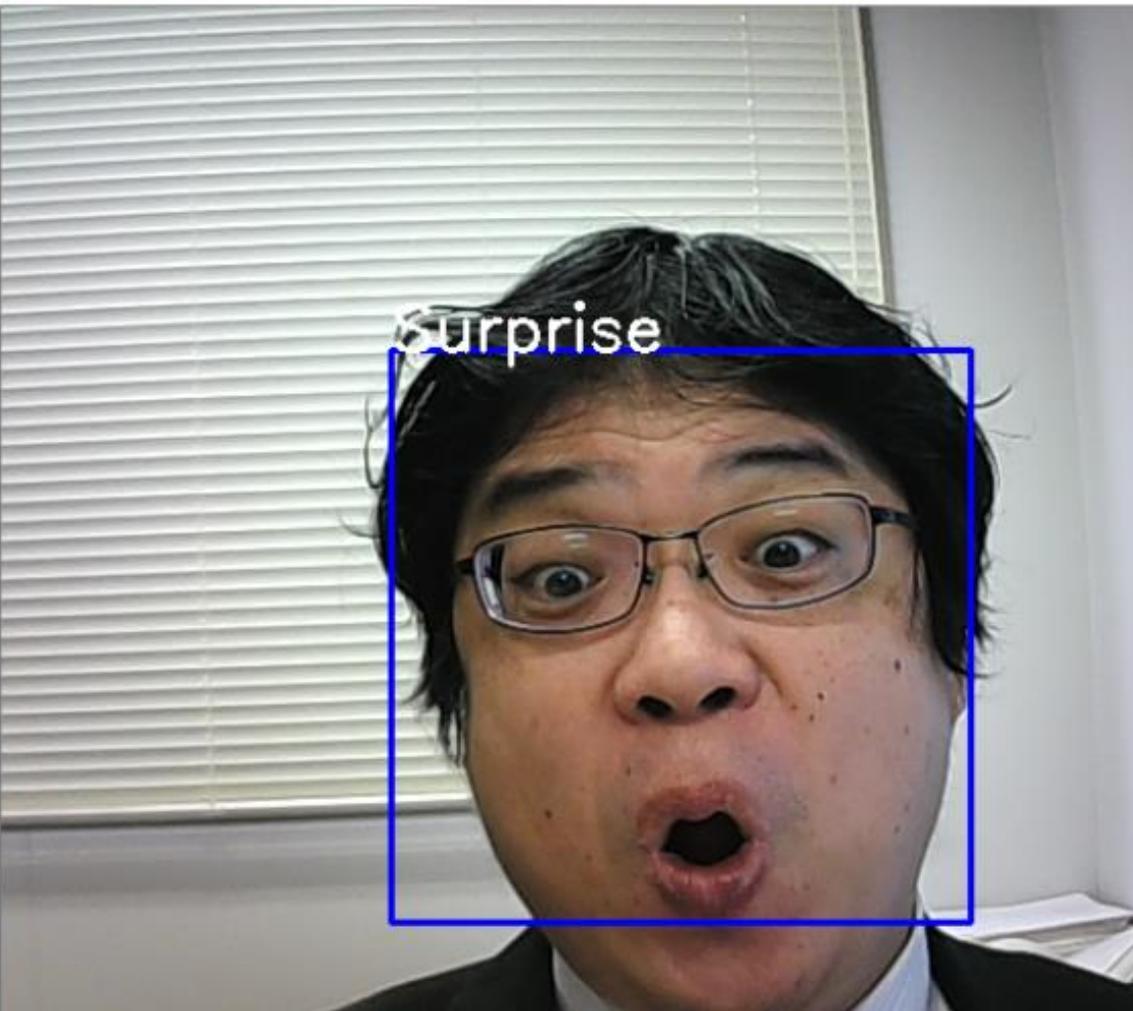
img

```
Happy: % 1.0520316660404205  
Neutral: % 43.86896789073944  
Sad: % 2.5840995833277702  
Surprised: % 26.989561319351196  
-----
```

```
Angry: % 17.476025223731995  
Disgust: % 13.489590585231781  
Fear: % 1.2782757170498371  
Happy: % 1.097946148365736  
Neutral: % 48.455244302749634  
Sad: % 2.7828795835375786  
Surprised: % 15.420036017894745  
-----
```

```
Angry: % 8.7054543197155  
Disgust: % 8.182178437709808  
Fear: % 2.2473467513918877  
Happy: % 1.2045521289110184  
Neutral: % 39.530619978904724  
Sad: % 2.036934532225132  
Surprised: % 38.09291124343872  
-----
```

```
Angry: % 4.94537390768528  
Disgust: % 7.72874653339386  
Fear: % 2.0912714302539825  
Happy: % 1.1880283243954182  
Neutral: % 30.127882957458496  
Sad: % 1.0293880477547646  
Surprised: % 52.88930535316467  
-----
```



- ここでは、**7種の表情** Angry, Disgust, Fear, Happy, Neutral, Sad, Surprised の**それぞれの確率**を推定

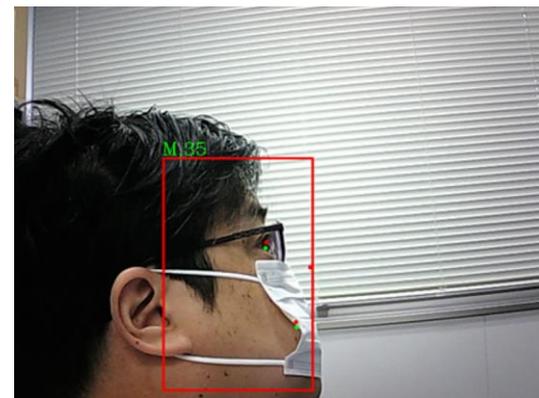
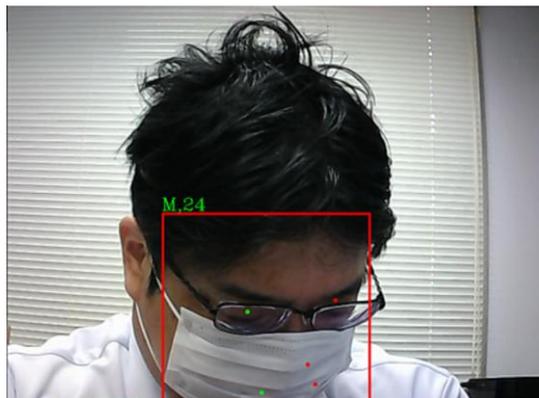
- <https://github.com/ezgiakcora/Facial-Expression-Keras> で公開されている成果物 **46**

感情認識



- 感情：喜び、悲しみ、驚き、怒り、恐怖、嫌悪など
- ディープラーニング、顔ランドマークを使用

年齢推定，性別推定の例



推定結果：24歳男性 推定結果：23歳男性 推定結果：35歳男性

InsightFace による処理結果

【関連情報】

<https://www.kkaneko.jp/ai/win/insightface.html>

<https://colab.research.google.com/drive/1S55yEFiQpdIRdjWbdH0zzEYD5VAfklHd?usp=sharing>



演習 3

顔情報処理のオンラインデモ

【トピックス】

- 視線
- 性別推定
- 感情推定
- 年齢推定

演習 3

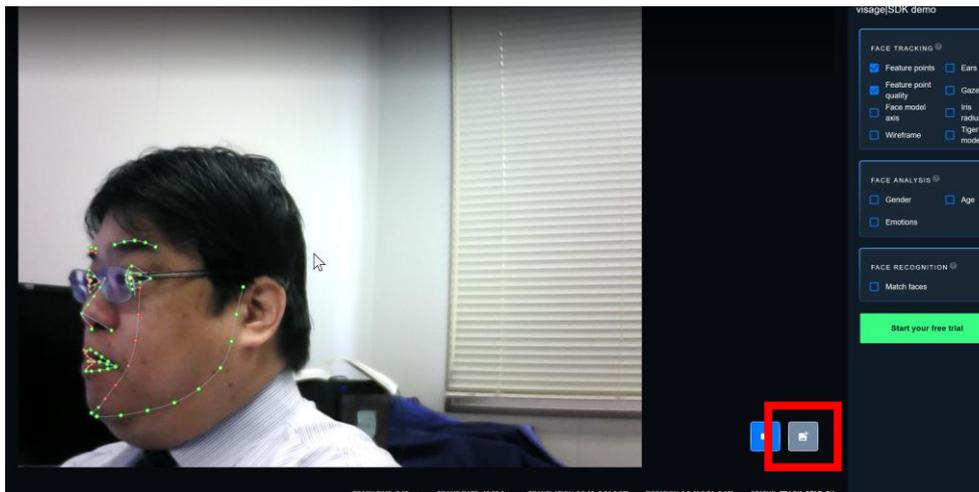
- まず、**自分で顔画像のファイルを準備**する
- 次のページを開く。Visage Technologies 社のデモページ

<https://visagetech.com/demo/>

- 「**Try out demo**」をクリック

Try out demo

- **画像をアップロード**するので、**右下のボタン**をクリックして、画像をアップロード。（パソコンのカメラにも対応）



さまざまな設定

The screenshot displays the Visage Technologies SDK demo interface. On the left, a video feed shows a man's face with a green wireframe overlay. The right side features a settings panel with the following sections:

- FACE TRACKING**
 - Feature points
 - Feature point quality
 - Face model axis
 - Wireframe
 - Ears
 - Gaze
 - Iris radius
 - Tiger model
- FACE ANALYSIS**
 - Gender
 - Emotions
 - Age
- FACE RECOGNITION**
 - Match faces

A green button labeled "Start your free trial" is located below the settings. At the bottom of the interface, there is a status bar with the following information: "Low accuracy, higher performance", "TRACK TIME: 7.80 ms", "FRAME RATE: 39.14 fps", "TRANSLATION: [-0.15,-0.04,0.54]", "ROTATION: [-0.09,0.47,-0.05]", and "STATUS: TRACK_STAT_OK".

Gaze
視線

Gender
性別

Emotions
感情

Age
年齢

全体まとめ①

顔情報処理のバリエーション

- 顔検出：物体検出の一環として顔を特定
- 顔のアラインメント：顔の向きや大きさの調整
- 顔ランドマーク：目、鼻、口などの重要な特徴点の位置
- 顔の数値化：顔特徴の数値化による本人確認、顔認識
- 性別、年齢の推定
- 表情の推定

顔情報処理の重要性

- セキュリティと監視
- 個人認証システム
- パーソナライズされたサービス
- 感情認識

全体まとめ②

ディープラーニングによる顔情報処理

- **顔検出**：畳み込みニューラルネットワーク（CNN）を使用して顔特定。
- **顔ランドマークの検出**：CNNによる顔の重要な特徴点の検出。
- **顔認識**：データベース内の顔との比較により人物を特定。
- **感情認識**：ディープラーニングと顔ランドマークを使用して感情を推定。

など

今回の授業で学ぶ意義と満足感

- ①最先端のAI技術である**顔情報処理**の概要と要素技術を学ぶ。AIへの理解が深まる
- ②**顔検出、顔ランドマーク検出、顔認識、感情認識**などの**仕組み**を学び、専門的知識が得られる
- ③**顔情報処理の活用分野**を確認。AIの社会的影響を認識。
- ④演習でデモを体験。学んだ知識の考察を深める。